

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2003年 3月 7日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2003-061176

[ST.10/C]:

[JP2003-061176]

出 願 人  
Applicant(s):

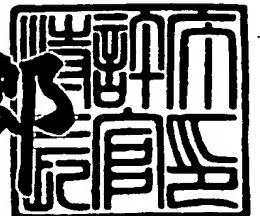
株式会社日立製作所  
日立化成工業株式会社

U.S. Appln. Filed 7-15-03  
Inventor: M. Takahashi et al  
Mattingly Stanger & Malur  
Docket NIT-382

2003年 5月27日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3039869

【書類名】 特許願

【整理番号】 NT02P0824

【提出日】 平成15年 3月 7日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01S 03/10

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

【氏名】 高橋 誠

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

【氏名】 井戸 立身

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

【氏名】 佐野 博久

【発明者】

【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿二丁目1番1号 日立化成工業株式会社内

【氏名】 柴田 智章

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【特許出願人】

【識別番号】 000004455

【氏名又は名称】 日立化成工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100068504

【弁理士】

【氏名又は名称】 小川 勝男

【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

【識別番号】 100086656

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 恭助

【電話番号】 03-3661-0071

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 081423

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光導波路装置及びそれを用いた光システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

透明な材料で形成されたクラッドと、該クラッドよりも高い屈折率を有する透明な材料で形成されたコアとを基板上に有する光導波路装置であって、少なくとも第一の導波路と、該第一の導波路からの光を反射するためのフィルタもしくはミラー構造もしくは基板端面構造と、前記第一の導波路からの反射光を受光する様に設けられた第二の導波路とを有し、前記第二の導波路のコアの径もしくは幅もしくは厚の典型値もしくは平均値を、前記第一の導波路のコアの径もしくは幅もしくは厚の典型値もしくは平均値の実質的に 2 倍以上 20 倍以内としたことを特徴とする光導波路装置。

【請求項 2】

前記第一の導波路からの反射光を前記第二の導波路を経て光受光素子もしくはマルチモードファイバで受光することを特徴とする請求項 1 記載の光導波路装置。

【請求項 3】

前記第二の導波路と前記光受光素子もしくはマルチモードファイバとの間に、前記第一の導波路からの反射光の波長以外の波長を有する光を除去するフィルタが設置されていることを特徴とする請求項 2 記載の光導波路装置。

【請求項 4】

前記第一の導波路及び前記第二の導波路の光軸が前記フィルタの法線となす角  $\theta$  を、いずれも 25 度以下としたことを特徴とする請求項 2 に記載の光導波路装置。

【請求項 5】

前記第二の導波路の光軸と前記基板の端面の法線とのなす角度  $\phi$  を、5 度以上としたことを特徴とする請求項 2 に記載の光導波路装置。

【請求項 6】

前記第二の導波路と前記光受光素子もしくはマルチモードファイバとの間に、

前記第一の導波路からの反射光の波長以外の波長を有する光を除去するフィルタが設置されていることを特徴とする請求項 4 記載の光導波路装置。

【請求項 7】

前記第二の導波路と前記光受光素子もしくはマルチモードファイバとの間に、前記第一の導波路からの反射光の波長以外の波長を有する光を除去するフィルタが設置されていることを特徴とする請求項 5 記載の光導波路装置。

【請求項 8】

前記第二の導波路の光軸と前記基板の端面の法線とのなす角度  $\phi$  を、5 度以上としたことを特徴とする請求項 4 に記載の光導波路装置。

【請求項 9】

前記第一の導波路からの反射光を前記第二の導波路を経て光受光素子もしくはマルチモードファイバで受光することを特徴とする請求項 8 記載の光導波路装置。

【請求項 10】

前記第一の導波路を曲線形状としたことを特徴とする請求項 8 記載の光導波路装置。

【請求項 11】

前記第一の導波路を曲線形状としたことを特徴とする請求項 9 記載の光導波路装置。

【請求項 12】

前記第一の導波路の曲率半径を 8 mm 以下としたことを特徴とする請求項 10 記載の光導波路装置。

【請求項 13】

前記第一の導波路の曲率半径を 8 mm 以下としたことを特徴とする請求項 11 記載の光導波路装置。

【請求項 14】

前記第一の導波路のコアとクラッドの屈折率差  $\Delta$  を 0.6 % 以上としたことを特徴とする請求項 12 記載の光導波路装置。

【請求項 15】

前記第一の導波路のコアとクラッドの屈折率差 $\Delta$ を0.6%以上としたことを特徴とする請求項13記載の光導波路装置。

【請求項16】

前記第二の導波路を曲線形状にしたことを特徴とする請求項15記載の光導波路装置。

【請求項17】

前記第一の導波路が、経路全体に渡ってシングルモードであり、前記第二の導波路の一部がマルチモードであることを特徴とする請求項6記載の光導波路装置。

【請求項18】

前記第一の導波路もしくは前記第二の導波路のコアの径もしくは幅もしくは厚が、前記フィルタもしくはミラー構造の設置位置もしくは端面構造に対向する端面から離れた経路内において、テーパ状もしくは階段状もしくはその他の形状で変調されていることを特徴とする請求項17記載の光導波路装置。

【請求項19】

請求項6記載の光導波路装置を備えたことを特徴とするシングルモードファイバ通信が可能な光システム。

【請求項20】

請求項6記載の光導波路装置を備えたことを特徴とするマルチモードファイバ通信が可能な光システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、波長多重通信用光送受信モジュールおよび平面光回路(PLC : planar lightwave circuit)及びそれを用いた光システムに関する。

【0002】

【従来の技術】

光ファイバを用いた波長多重通信は、大量な情報を高速に伝送するための重要技術である。近年、波長多重通信に用いられる送受信光モジュールをPLCにより

構成して、小型・低コスト化を図る試みが活発になっている。

【0003】

図18に、従来知られているPLC型光モジュールの概念図を示す。図は、導波路基板表面に平行な方向の断面図である。この様な光モジュールは、例えば非特許文献1に記されている。本モジュールでは、シングルモードファイバ51を通して伝送されてきた波長 $\lambda_1$ の光信号が、クラッド1内に形成されたシングルモード導波路2aに入射する。波長 $\lambda_1$ の光は、ダイシング溝3内に設置された波長選択フィルタ4を透過し、シングルモード導波路2bを通して、導波路と同一基板上に形成された素子搭載部5a上に搭載された、フォトディテクタ52に受信される。また、導波路と同一基板上に形成された素子搭載部5b上に搭載された半導体レーザ53からは、波長 $\lambda_2$ の光信号がシングルモード導波路2cに入射される。この波長 $\lambda_2$ の光は波長選択フィルタ4により反射され、シングルモード導波路2aを通してシングルモードファイバ51に入射され、外部に送信される。この様に本モジュール構成によれば、波長 $\lambda_1$ および $\lambda_2$ の光を用いた波長多重送受信が可能となる。尚、フォトディテクタ54は、半導体レーザ53の光出力をモニターするためのものである。

【0004】

図19に、従来知られている他のPLC型光モジュールの概念図を示す。図は、導波路基板表面に平行な方向の断面図である。この様な光モジュールは、例えば非特許文献2に記されている。本モジュールでは、シングルモードファイバ51を通して伝送されてきた波長 $\lambda_1$ の光信号が、クラッド1内に形成されたシングルモード導波路2aに入射する。波長 $\lambda_1$ の光は、基板端面に接着固定された波長選択フィルタ4を透過し、フォトディテクタ52に受信される。また、後で説明する図16のモジュールと同様に、半導体レーザ53から波長 $\lambda_2$ の光信号が送信される。この様に本構成によっても波長多重による送受信が可能となる。

【0005】

図20に、従来知られている他のPLC型光モジュールの概念図を示す。図は、導波路基板表面に垂直な方向の断面図である。この様な光モジュールは、例えば非特許文献2や、特許文献1に記されている。本モジュールでは、シングルモー

ドファイバ51を通して伝送されてきた波長 $\lambda_1$ の光信号が、基板41上に形成されたシングルモード導波路2dに入射する。ここで、シングルモード導波路2dは、下側クラッド1aおよび上側クラッド1bとの間に形成されている。また、導波路には波長選択フィルタ4が基板41表面に対して斜めに挿入されている。ここで波長選択フィルタ4の波長特性は、前記二つの従来例とは逆にしてある。すなわち、本モジュールには、受信用波長 $\lambda_1$ の光を反射し、送信用波長 $\lambda_2$ を透過する波長選択フィルタ4が用いられている。このため、シングルモード導波路2dに入射した波長 $\lambda_1$ の光は波長選択フィルタ4により反射され、導波路表面に設置されたフォトディテクタ52に受信される。また、半導体レーザ53からは、波長 $\lambda_2$ の光信号がシングルモード導波路2dに入射される。波長 $\lambda_2$ の光は波長選択フィルタ4を透過し、シングルモード導波路2dを通過してシングルモードファイバ51に入射され、外部に送信される。この様に本構成によっても波長多重による送受信が可能となる。

## 【0006】

また、特許文献2には、光学フィルタ付光導波路を用いた光合分波器において、光学フィルの設置位置ずれのトレランスを増加させるために、光合分波部をマルチモード干渉型導波路とし、入射側光導波路と反射側光導波路がマルチモード干渉型導波路との結合部において所定の間隔を有する構造としたものが開示されている。

## 【0007】

## 【非特許文献1】

European Conference on Optical Communication p.629 (1998)

## 【非特許文献2】

European Conference on Optical Communication p.312 (1999)

## 【特許文献1】

特開2000-249874号公報

## 【特許文献2】

特開2002-6155号公報

## 【0008】



## 【発明が解決しようとする課題】

以上の様に、上記従来モジュールを用いれば、いずれの構成においても波長多重光送受信が可能となる。しかし、上記従来例を実用に供する際には、以下の様な問題が生じ易い。

## 【0009】

例えば図18の従来例では、フォトディテクタ52と半導体レーザ53が同一基板上に搭載されているために、両者の間の電気および光の絶縁が弱く、クロストークが問題となる。すなわち、半導体レーザ53を変調する電気信号が基板を介してフォトディテクタ52に影響を与え易く、また半導体レーザ53からの光をシングルモード導波路2cに入射する際に漏れた光が波長選択フィルタ4の下側を通って、これも基板を介してフォトディテクタ52に影響を与え易くなっている。また、本構成には、波長選択フィルタ4の位置ずれによって反射光の経路に過剰挿入損失が生じるという問題がある。これは、フィルタで反射された光とその光が入射される導波路との間に軸ずれが生じてしまうからである。すなわち、シングルモード導波路2cとシングルモード導波路2aとの間に軸ずれが生じてしまうからである。波長選択フィルタ4の位置はダイシング溝3によって決められるので、ダイシングの位置決め精度を上げれば過剰損失を抑えることができる。しかし、この場合は工程が複雑になり、作製コストの上昇を招いてしまう。尚、フィルタを透過する光については、フィルタの位置ずれがあっても経路の軸ずれが生じる事は無いので、ダイシング精度は問題にならない。

## 【0010】

図19の従来例では、フォトディテクタ52は半導体レーザ53とは異なる基板上に設置されており、更に波長選択フィルタ4は基板端面全体を覆っているため、クロストークの問題は電気および光ともに少ない。しかし、フィルタの位置ずれにより反射光の経路に過剰挿入損失が生じ易い事は、前述の図18の構成と同様である。

## 【0011】

図20の従来例では、波長選択フィルタ4を導波路表面に対して斜めに挿入しなければならない、波長選択フィルタ4を挿入するためのダイシングも斜めに行な

わなければならない。しかし、表面に対して斜めにダイシングする工程は、垂直ダイシングの工程に比べて複雑であり、実装コストの上昇を招き易い。また、本構成では、要素部品の配置上、シングルモード導波路 2 d から漏れた半導体レーザ 5 3 からの迷光がフォトディテクタ 5 2 に入り易く、光のクロストークが問題となる。このクロストークを防止するためには、波長選択フィルタ 4 とフォトディテクタ 5 2 との間に、波長  $\lambda$  2 の送信光をカットするフィルタを設置する必要がある。しかし、導波路表面上に、波長選択フィルタ、送信光カットフィルタおよびフォトディテクタを連続して配置するためには複雑な実装プロセスが必要となり、モジュールのコスト上昇を招いてしまう。このため、前述の非特許文献 2 に開示されている例では、フォトディテクタ 5 2 に波長  $\lambda$  2 の送信光を吸収する半導体層を設けた素子を用いて、実装の簡素化を図っている。しかし、このような素子は特殊で入手が困難であるため、光送受信モジュールを汎用品として安価に大量生産する際には障害となる。また、半導体の吸収波長は温度に依存するので、本素子を用いた場合、受信特性が温度変化によって劣化し易くなる。

## 【 0 0 1 2 】

さらに、前記特許文献 2 に記載の従来例では、フィルタを挿入するマルチモード導波路が長いことモジュール全体としての構成が大きくなる。また、フィルタからの反射光がシングルモード内に戻り易いと考えられる。

## 【 0 0 1 3 】

以上の様に、上述の従来技術をもってしても、良好な特性の光モジュールを安価に製造するのは困難であった。そこで、本発明は本課題を解決する事を目的としてなされた。

## 【 0 0 1 4 】

すなわち、本発明の目的は、作製トレランスが高くかつ特性の良好な光モジュールの構造及びそれを用いた光システムを提供することである。

## 【 0 0 1 5 】

本発明の他の目的は、ダイシングトレランスの特性を損なうことなく小型化できる光モジュールの構造及びそれを用いた光システムを提供することである。

## 【 0 0 1 6 】

## 【課題を解決するための手段】

フィルタの位置ずれトレランスを拡大するために、本発明のモジュールはフィルタからの反射光を導く導波路のコアを、他の経路の導波路よりも実質的に2倍以上で20倍以内の大きさとする。

## 【0017】

本発明の1つの特徴によれば、透明な材料で形成されたクラッドと、該クラッドよりも高い屈折率を有する透明な材料で形成されたコアとを基板上に有する光導波路装置であって、少なくとも第一の導波路と、該第一の導波路からの光を反射するためのフィルタもしくはミラー構造もしくは基板端面構造と、前記第一の導波路からの反射光を受光する様に設けられた第二の導波路を有し、前記第二の導波路のコアの径もしくは幅もしくは厚の典型値もしくは平均値が、前記第一の導波路のコアの径もしくは幅もしくは厚の典型値もしくは平均値の実質的に2倍以上20倍以内の範囲にある。

## 【0018】

このように、反射光を導く側の導波路のコアを他の導波路のコアよりも実質的に2倍以上大きくしておけば、フィルタからの反射光がコアに入射され易くなるので、波長選択フィルタの位置がずれて経路に軸ずれが生じて、過剰損失の発生を抑える事ができる。例えば、コア幅を広げれば、基板表面に水平な方向のフィルタ位置ずれトレランスを拡大する事ができ、コアを厚くすれば垂直方向のフィルタ位置ずれトレランスを拡大できる。勿論、コアの幅および厚の両方が大きい導波路を用いても良いことは言うまでも無い。

## 【0019】

なお、第二の導波路のコアの径もしくは幅もしくは厚の典型値もしくは平均値は、この第二の導波路を経て第一の導波路からの反射光を受光する光受光素子もしくはマルチモードファイバの受光面の径以下でないと、漏れを生ずる。そのため、第二の導波路のコアの径もしくは幅もしくは厚の典型値もしくは平均値は、反射光を受光する光受光素子もしくはマルチモードファイバの受光面の径以下とするのが良い。このような観点から、実用上、第二の導波路のコアの径もしくは幅もしくは厚の典型値もしくは平均値は、第一の導波路のコアの径もしくは幅も

しくは厚の典型値もしくは平均値の実質的に 2 0 倍以内の範囲とするのが良い。

#### 【 0 0 2 0 】

本発明の他の特徴は、上記光導波路装置を備えたシングルモードファイバ通信またはマルチモードファイバ通信が可能な光システムにある。

#### 【 0 0 2 1 】

ここで、本発明のモジュールをシングルモードファイバ通信用の光システムに適用する場合は、波長選択フィルタにより受信光を反射し送信光を透過する方の構成にし、フィルタからの反射光を導く導波路以外の導波路をシングルモード導波路にする。そして、フィルタからの反射光を導く導波路のコアを他の導波路より大きくすれば良い。本構成によれば、送信光はシングルモード導波路のみを通るので、シングルモードファイバに入射される光はシングルモード性を維持しており、シングルモードファイバ通信の必要条件を満たす。

#### 【 0 0 2 2 】

また、マルチモードファイバ通信用の光システムに適用する場合には、送信光もマルチモードとなっても良いので、波長選択フィルタの波長特性はいずれの型でも良く、更に全ての導波路をマルチモード導波路としても構わない。

#### 【 0 0 2 3 】

##### 【発明の実施の形態】

図 1 は、本発明の第一の実施例になる光導波路装置を有する波長多重型光送受信モジュールの略平面を示す図である。本実施例のモジュールは基板(クラッド) 1 に設けられた直線状のシングルモード導波路(第一の導波路) 2 e と、ダイシング溝 3 の近傍で第一の導波路 2 e から分岐したマルチモード導波路(第二の導波路) 6 を有する。第一の導波路 2 e と第二の導波路 6 との間には作製時の気泡発生を防止するための隙間 7 が設けてある。ダイシング溝 3 内には波長選択フィルタ 4 が設置されている。

#### 【 0 0 2 4 】

本実施例の波長多重型光送受信モジュールでは、導波路と同一基板上に形成された素子搭載部 5 b 上に搭載された半導体レーザ 5 3 から、波長  $\lambda_2$  の光信号が第一の導波路 2 e に入射される。この波長  $\lambda_2$  の光は波長選択フィルタ 4 を透過

し、引き続き第一の導波路 2 e により導波されてシングルモードファイバ 5 1 に入射し、外部に送信される。

【 0 0 2 5 】

ここで、フォトディテクタ 5 4 は、半導体レーザ 5 3 の光出力をモニターするためのものであり、シングルモードファイバ 5 1 は V 溝 5 5 とダイシング溝 5 6 によって位置決め固定される。また、本モジュールには、シングルモードファイバ 5 1 から波長  $\lambda_1$  の光信号が第一の導波路 2 e に入射される。この光は波長選択フィルタ 4 により反射されて、第二の導波路 6 を経て導波路基板の端面に達し外部に放射される。導波路基板から放射された光は、別の基板上に設置されたフォトディテクタ 5 2 で受信される。なお、フォトダイオードは、他の光受光素子であっても良い。同様に、以下の説明におけるフォトディテクタをフォトダイオードのような他の光受光素子に置き換えてもよいことは言うまでもない。

【 0 0 2 6 】

本実施例の波長多重型光送受信モジュールでは、フィルタからの反射光を導く第二の導波路 6 のコアを、第一の導波路 2 e のコアよりも実質的に 2 倍以上大きくする。たとえば、第一の導波路 2 e 及び第二の導波路 6 のコアの断面形状がいずれも矩形でかつ厚が同じ場合、第二の導波路 6 のコアの幅の典型値もしくは平均値は、第一の導波路 2 e のコアの幅の典型値もしくは平均値の 2 倍以上である。同様に、断面形状がいずれも矩形でかつ幅が同じ場合、第二の導波路 6 のコアの厚の典型値もしくは平均値は、第一の導波路 2 e のコアの幅もしくは厚の典型値もしくは平均値の 2 倍以上である。また、導波路のコアの断面形状が円または楕円の場合、第二の導波路 6 のコア径の典型値もしくは平均値が第一の導波路 2 e のコア径の典型値もしくは平均値の 2 倍以上である。

【 0 0 2 7 】

なお、第二の導波路 6 のコアの径もしくは幅もしくは厚の典型値もしくは平均値は、この第二の導波路 6 を経て第一の導波路 2 e からの反射光を受光する光受光素子もしくはマルチモードファイバの受光面の径以下でないと、漏れを生ずる。そのため、第二の導波路 6 のコアの径もしくは幅もしくは厚の典型値もしくは平均値は、反射光を受光する光受光素子もしくはマルチモードファイバの受光面

の径以下とするのが良い。このような観点から、実用上、第二の導波路6のコアの径もしくは幅もしくは厚の典型値もしくは平均値は、第一の導波路2eのコアの径もしくは幅もしくは厚の典型値もしくは平均値の実質的に20倍以内の範囲とするのが良い。

## 【0028】

第一の導波路2eや第二の導波路6のコアは、経路の途中において、不要な波長の光をカットするため等の目的のために、テーパ状もしくは階段状もしくはその他の形状で変調されている。例えば、波長 $1.3\mu\text{m}$ の光入力信号に波長 $1.5\mu\text{m}$ のノイズ信号が含まれる可能性があるとき、このノイズ信号を除去するために導波路の形状を一部変調しても良い。

## 【0029】

本構成において第二の導波路6のコアを大きくすれば、波長選択フィルタ4の位置ずれトレランスを拡大できる。ここで、フォトディテクタ52は半導体レーザ53と別の基板上に搭載されているので、電気のカロストークの問題は生じない。

## 【0030】

更に、本実施例では、導波路基板とフォトディテクタ52との間には送信光をカットするためのカットフィルタ57により、光のカロストークについても対策を施してある。ここで、カットフィルタ57は光をカットするだけの目的で設けられているので、導波路基板とフォトディテクタ52との間に有りさえすれば良く、図19の従来例の波長選択フィルタ4に要求される様な、位置精度は必要無い。

## 【0031】

更に、カットフィルタ57の搭載は通常の光素子の搭載と同様に導波路基板と別の基板上で行なえば良く、図20の従来例で言及した導波路表面での搭載の様な、複雑な実装プロセスは必要無い。

## 【0032】

図2の曲線102に、本素子におけるダイシング溝3の位置ずれと波長選択フィルタ4からの反射光の経路における損失との関係について、2次元BPM法によ

り計算した結果を示す。ここで、ダイシング位置は原点を第一の導波路 2e と第二の導波路 6 の中心軸が交わる位置とし、フィルタ表面に垂直な方向にずれるとし、原点より第二の導波路 6 側を正とした。また、コアとクラッドの屈折率差  $\Delta$  は 0.4%、第一の導波路 2e の幅は  $6.5\mu\text{m}$ 、第二の導波路 6 の幅は  $30\mu\text{m}$  とし、また、ダイシング溝 4 と第二の導波路 6 との間の隙間 7 は  $8\mu\text{m}$  と仮定した。

## 【0033】

この例における第二の導波路 6 のコアの大きさは、第一の導波路 2e のコアの大きさの 4 倍である。

## 【0034】

この構成における反射光の損失は、フォトディテクタ 52 の受ける光強度の損失となる。フォトディテクタ 52 には、第二の導波路 6 内の光だけでなく、周囲の光も自由伝搬により到達する。そこで、損失は、反射光が第二の導波路 6 を  $100\mu\text{m}$  伝搬した後、第二の導波路 6 の中心から左右  $25\mu\text{m}$  以内に存在する光全体の強度より求めた。

## 【0035】

ここで、曲線 102 において、ダイシング位置ずれの無い時にも損失があるのは、隙間 7 があるからである。図の曲線 101 は、図 18 の従来例におけるダイシング位置ずれと損失との関係を示す。図 18 の構成では、反射光の経路における損失は、シングルモードファイバとの結合効率である。計算では、コアとクラッドの屈折率差  $\Delta$  を 0.4%、第一の導波路 2c および 2a の幅を  $6.5\mu\text{m}$  としてシングルモードファイバとの結合効率を計算した。尚、本計算では、光の波長は  $1.31\mu\text{m}$  とし、ダイシング溝と導波路との間に溝は無いと仮定した。

## 【0036】

図 2 より、損失の 0.2dB 増加に対するダイシング位置ずれトレランスは図 19 の従来例の場合では約  $\pm 2\mu\text{m}$  であるのに対し、図 1 に示した本発明の実施例の場合には  $10\mu\text{m}$  程度にまで拡大されている事が分かる。一般に、量産時のダイシング精度は約  $\pm 5\mu\text{m}$  程度であるので、コアの大きさが実質的に 2 倍以上 20 倍以内の範囲の構成であれば、高歩留まりでの量産が十分可能な事が分かる。

## 【0037】

図3に、図1のモジュールの作製法を示す。ここでは、導波路をポリマ材料で形成する場合を例に取って説明する。また、図3は、図1におけるA-Bでの断面図である。まず、SiO<sub>2</sub>膜202付き Si基板201上に下側ポリマクラッド層1aおよびポリマコア層203をスピンコートにより形成した後、導波路6のコアが導波路2eのコアよりも実質的に2倍以上20倍以内の大きさの関係になるようにして、第一の導波路2eおよび第二の導波路6を公知の方法によりエッチングにより形成する。そして、上側ポリマクラッド層1bをスピンコートにより形成し、その後ダイシングにより溝を形成しフィルタを挿入し、光素子を搭載すれば本モジュールは作製できる。

## 【0038】

図4に本発明の第二の実施例を示す。本実施例の波長多重型光送受信モジュールでも、フィルタからの反射光を導く導波路6のコアは、導波路2eのコアよりも実質的に2倍以上大きく、20倍以内の大きさである。本実施例では、導波路層とフィルタとの間の屈折率差による光の屈折に対応させて、第一の導波路2eの経路に、フィルタの前後で段差を持たせても良い。本構成によれば、フィルタでの光の屈折による透過方向の損失を低減することができる。

## 【0039】

図5に本発明の第三の実施例を示す。本モジュールのフィルタからの反射光を導く導波路6のコアは、導波路2eのコアよりも実質的に2倍以上大きく、20倍以内の大きさである。導波路作製時の気泡発生が抑えられる場合や、気泡が発生してもその影響が問題無い場合には、本実施例の様に第一の導波路2eと第二の導波路6との間に隙間を設けなくても良い。

## 【0040】

図6に本発明の第四の実施例を示す。本モジュールでも、フィルタからの反射光を導く導波路6のコアは、導波路2eのコアよりも実質的に2倍以上大きく、20倍以内の大きさである。本実施例では、第二の導波路6の光軸と基板端面の法線とのなす角度 $\phi$ を必ずしも零としなくても良い。例えば $\phi$ を8ないしは10度程度にすれば、フォトディテクタ52の受信光強度を損なうことなく、フォトディテクタ52から第二の導波路6への反射光を低減することができる。



## 【0041】

図7に本発明の第五の実施例を示す。本モジュールでも、フィルタからの反射光を導く第二の導波路6のコアは、第一の導波路2eのコアよりも実質的に2倍以上大きく、20倍以内の大きさである。本実施例では、フォトディテクタ52と半導体レーザ53との間のクロストークを抑えることができるか、クロストークがあっても問題無い場合には、フォトディテクタ52を半導体レーザ53と同一の基板上に形成しても良い。この場合、例えば、ダイシング溝58を用いてカットフィルタ57を設置しても良い。

## 【0042】

図8に本発明の第六の実施例を示す。本実施例のモジュールでも、フィルタからの反射光を導く第二の導波路6のコアは、第一の導波路2eのコアよりも実質的に2倍以上大きく、20倍以内の大きさである。本実施例では、他の実施例における光素子の代わりに光ファイバを用いている。例えば、図7の構成の光モジュールにおいて、半導体レーザ53の代わりにV溝63およびダイシング溝62で位置決め固定したシングルモードファイバ64を、フォトディテクタ52の代わりにV溝60およびダイシング溝59で位置決め固定されたマルチモードファイバ61を用いても良い。

## 【0043】

図9に本発明の第七の実施例を示す。本実施例のモジュールでも、フィルタからの反射光を導く第二の導波路6のコアは、第一の導波路2eのコアよりも実質的に2倍以上大きく、20倍以内の大きさである。本実施例のモジュールでは、光素子および光ファイバを導波路基板とは全て別体としている。

## 【0044】

図10に本発明の第八の実施例を示す。本実施例では、第一の導波路2eを曲線形状にしても良い。これにより、第一の導波路2eおよび第二の導波路6の光軸が波長選択フィルタ4の法線となす角 $\theta$ を各々任意に設定することができる。一般に波長選択フィルタの波長特性は $\theta$ に依存するため、本構成により第一の導波路2eおよび第二の導波路6のいずれの光軸に対しても $\theta$ を25度以下、望ましくはいずれの $\theta$ も8度～10度の範囲に調整すれば最適なフィルタ特性を得る

事ができる。また、 $\theta$  を小さくした場合、フィルタ面に垂直な方向のフィルタの位置ずれに対して、第一の導波路 2e と第二の導波路 6 との開きが小さくなる。このため、損失に対するダイシング位置ずれトレランスも向上する。

## 【0045】

図 11 の曲線 103 に、図 10 の構成により  $\theta$  を 8 度とした場合の、フィルタ面に垂直な方向のダイシング位置ずれと損失との関係の計算結果を示す。ここで、パラメータおよび計算法は図 2 と同様にした。図には、 $\theta$  を 45 度とした図 1 の構成の計算結果を曲線 102 として示した。図より、 $\theta$  を小さくすることでダイシングトレランスが更に向上することが分かる。

## 【0046】

図 12 に本発明の第九の実施例を示す。本実施例では、図 10 の構成において第一の導波路 2e に加えて第二の導波路 6 をも曲線形状にして良い。一般に導波路には、損失を生じること無く曲げられる曲率半径に下限が存在する。このため、第二の導波路 6 をも曲げることによって、第一の導波路 2e だけを曲げる場合に比べて、所望の  $\theta$  および  $\phi$  をより小さいモジュールサイズで実現できる。

## 【0047】

ここで、曲率半径が小さいほどモジュールを小型に出来る。損失を生じること無く導波路を曲げられる曲率半径の下限は、導波路 2e のコアとクラッドの屈折率差  $\Delta$  が高いほど大きくなる。例えば、上記屈折率差  $\Delta$  を従来の一般的な石英導波路の 0.4% から 0.8% に高めることにより、上記曲率半径の下限を 15 mm から 5 mm 程度にまで低減できる。そこで、本発明では、上記屈折率差  $\Delta$  を上記よりも高くすることが望ましい。例えば、上記屈折率差  $\Delta$  を 0.6% ないしは 1.5% 程度にすれば、ダイシングトレランス等の特性を損なうことなくモジュールを小型に出来る。

## 【0048】

図 13 に本発明の第十の実施例を示す。本実施例は、フィルタ表面が基板端面と水平になる様な構成にしても良い。本構成によれば、基板端面とフィルタ 4 のダイシングが水平になるので、ダイシング工程が簡易になる。

## 【0049】

図14に本発明の第十一の実施例を示す。本実施例では、フォトディタクタ52とシングルモードファイバを基板の同一端面に配置している。

【0050】

図15に本発明の第十二の実施例を示す。本実施例では、図13の構成において第二の導波路6も曲線形状としている。

【0051】

図16に本発明の第十三の実施例を示す。本実施例では、フォトディタクタ52とシングルモードファイバを基板の相対向する端面に配置している。

【0052】

図17に本発明の第十四の実施例を示す。本実施例では、波長選択フィルタ4を基板端面に接した構造としている。

【0053】

本発明の実施例において、第一の導波路は経路全体に渡ってシングルモードとする。また、第二の導波路は、経路全体に渡ってマルチモードとしても良く、あるいは一部をマルチモードとし、残りをシングルモードとしても良い。

【0054】

以上述べた本発明の各実施例のモジュールによれば、特性の良好な波長多重型光送受信モジュールが得られる。

【0055】

これらのモジュールをシングルモードファイバ通信用の光システムに適用する場合は、波長選択フィルタにより受信光を反射し送信光を透過する方の構成にし、フィルタからの反射光を導く導波路以外の導波路をシングルモード導波路にする。そして、フィルタからの反射光を導く導波路のコアを他の導波路より大きくすれば良い。この時、一般にフィルタからの反射光を導く導波路はマルチモード導波路となる。しかし、特殊な場合として、反射光を導く導波路以外の導波路が高次モードのカットオフ条件に比べて十分に小さいコアを有している場合には、反射光を導く導波路がシングルモードとなっても本発明の効果は得られる。本構成によれば、送信光はシングルモード導波路のみを通るので、シングルモードファイバに入射される光はシングルモード性を維持しており、シングルモード

ファイバ通信の必要条件を満たす。ここで、フォトディテクタ 5 2 に入射される光はマルチモードとなるが、受信特性はフォトディテクタ 5 2 に入射される光強度の総量のみ依存してモード形状には依存しないので、問題は生じない。

【 0 0 5 6 】

また、本発明のモジュールをマルチモードファイバ通信用の光システムに適用する場合には、送信光もマルチモードとなっても良いので、波長選択フィルタの波長特性はいずれの型でも良く、更に全ての導波路をマルチモード導波路としても構わない。

【 0 0 5 7 】

本発明は、基板、導波路およびその他の構成要素の材料に関わらず有効であり、上記実施例で説明した場合に制限されない。例えば、従来の石英系の材料に代えて、ポリマ材料でも良い。また、基板の形状も上記実施例で説明した矩形の場合に制限されない。また、導波路、端面、光素子、光ファイバおよびフィルタの位置関係も上記実施例で説明した場合に制限されない。また、導波路形状も上記実施例で説明された場合に制限されず、フィルタや光素子の近傍、およびその他の部位において他の形状に変形しても良い。

【 0 0 5 8 】

【発明の効果】

本発明によれば、特性の良好な波長多重型光送受信モジュールを高歩留まりで量産できる。また、ダイシングトレランスの特性を損なうことなく小型化できる波長多重型光送受信モジュールを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明による第一の実施例になる波長多重型光送受信モジュールの略平面を示す図。

【図 2】

本発明による第一の実施例の効果を示す図。

【図 3】

本発明による第一の実施例の作製方法を示す図であり、図 1 の A-B 断面図であ

る。

【図 4】

本発明による第二の実施例になるモジュールを示す図。

【図 5】

本発明による第三の実施例になるモジュールを示す図。

【図 6】

本発明による第四の実施例になるモジュールを示す図。

【図 7】

本発明による第五の実施例になるモジュールを示す図。

【図 8】

本発明による第六の実施例になるモジュールを示す図。

【図 9】

本発明による第七の実施例になるモジュールを示す図。

【図 1 0】

本発明による第八の実施例になるモジュールを示す図。

【図 1 1】

本発明による第八の実施例の効果を示す図。

【図 1 2】

本発明による第九の実施例になるモジュールを示す図。

【図 1 3】

本発明による第十の実施例になるモジュールを示す図。

【図 1 4】

本発明による第十一の実施例になるモジュールを示す図。

【図 1 5】

本発明による第十二の実施例になるモジュールを示す図。

【図 1 6】

本発明による第十三の実施例になるモジュールを示す図。

【図 1 7】

本発明による第十四の実施例を示す図。

【図 18】

従来例のモジュールを示す図。

【図 19】

従来例のモジュールを示す図。

【図 20】

従来例のモジュールを示す図。

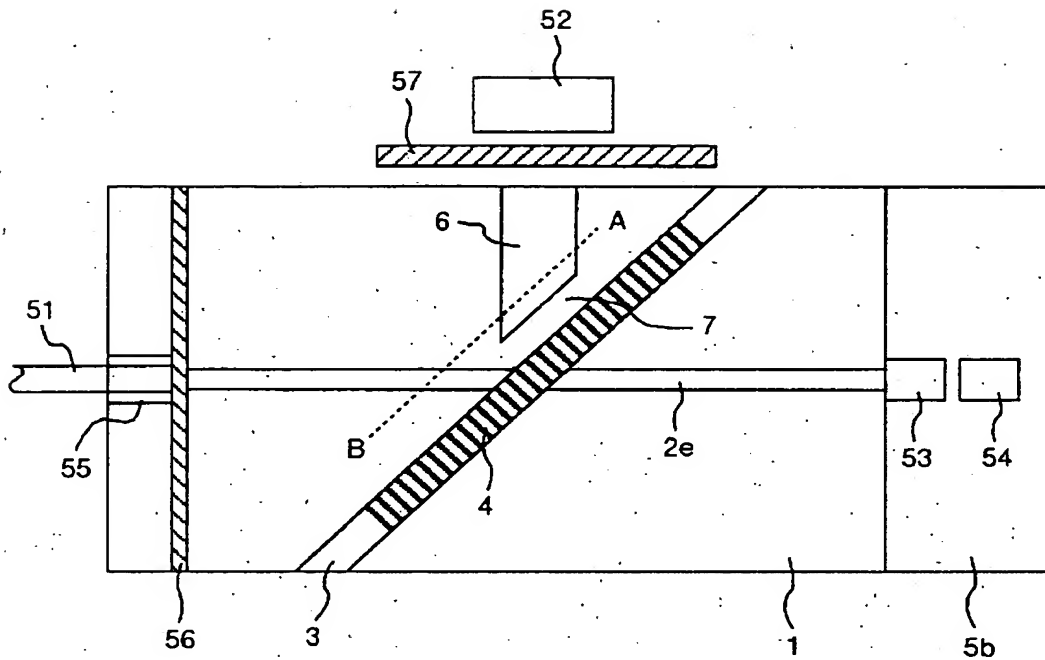
【符号の説明】

1 (1 a、1 b) … クラッド、2 (2 a、2 b、2 c、2 d、2 e) … 第一の導波路、3 … ダイシング溝 4 … 波長選択フィルタ、5 (5 a、5 b) … 素子搭載部、5 1 … シングルモードファイバ、5 2 … フォトディテクタ、5 3 … 半導体レーザ、5 4 … フォトディテクタ、5 5 … V溝、5 6 … ダイシング溝、5 7 … カットフィルタ、5 8 … ダイシング溝、5 9 … ダイシング溝、6 0 … V溝、6 1 … マルチモードファイバ、6 2 … ダイシング溝、6 3 … V溝、6 4 … シングルモードファイバ、1 0 1 … 従来例のダイシング位置ずれトレランス曲線、1 0 2 … 本発明の第一の実施例のダイシング位置ずれトレランス曲線、1 0 3 … 本発明の第二の実施例のダイシング位置ずれトレランス曲線、2 0 1 … Si基板、2 0 2 … SiO<sub>2</sub>膜、2 0 3 … コア層

【書類名】 図面

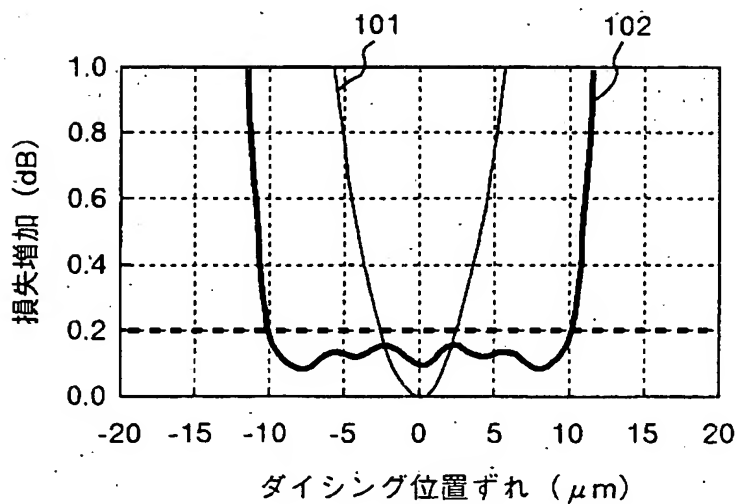
【図 1】

図 1



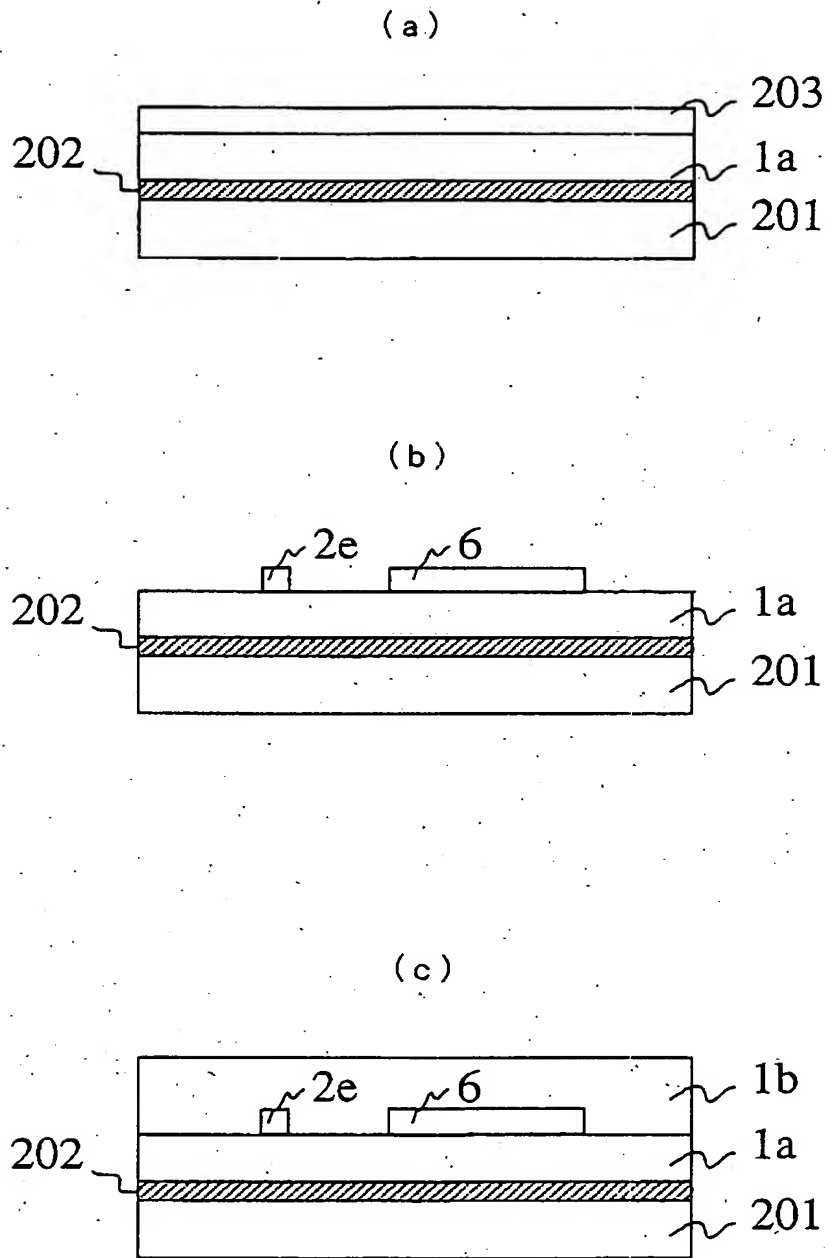
【図 2】

図 2



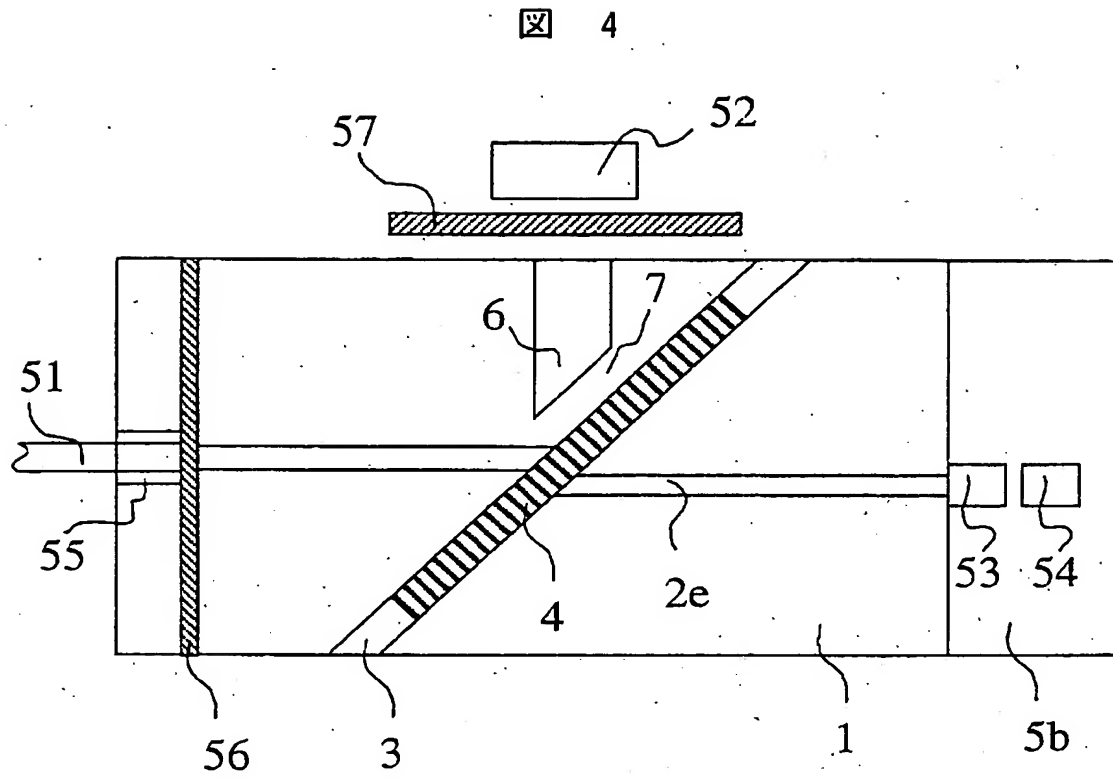
【図 3】

図 3

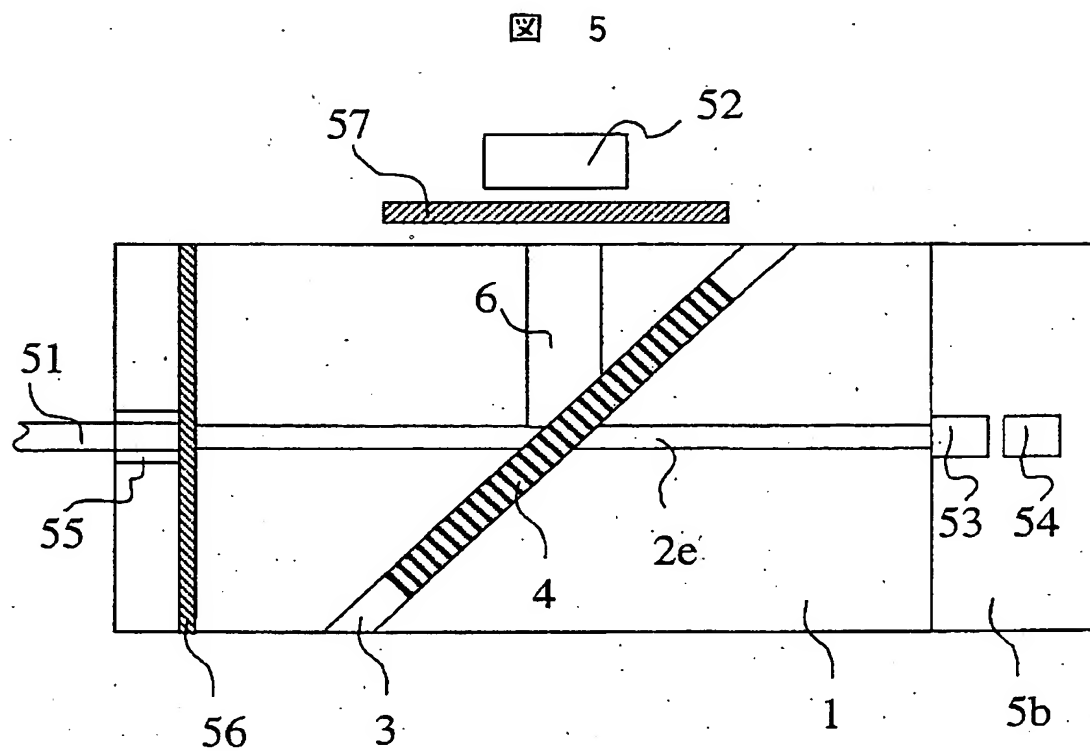




【図 4】

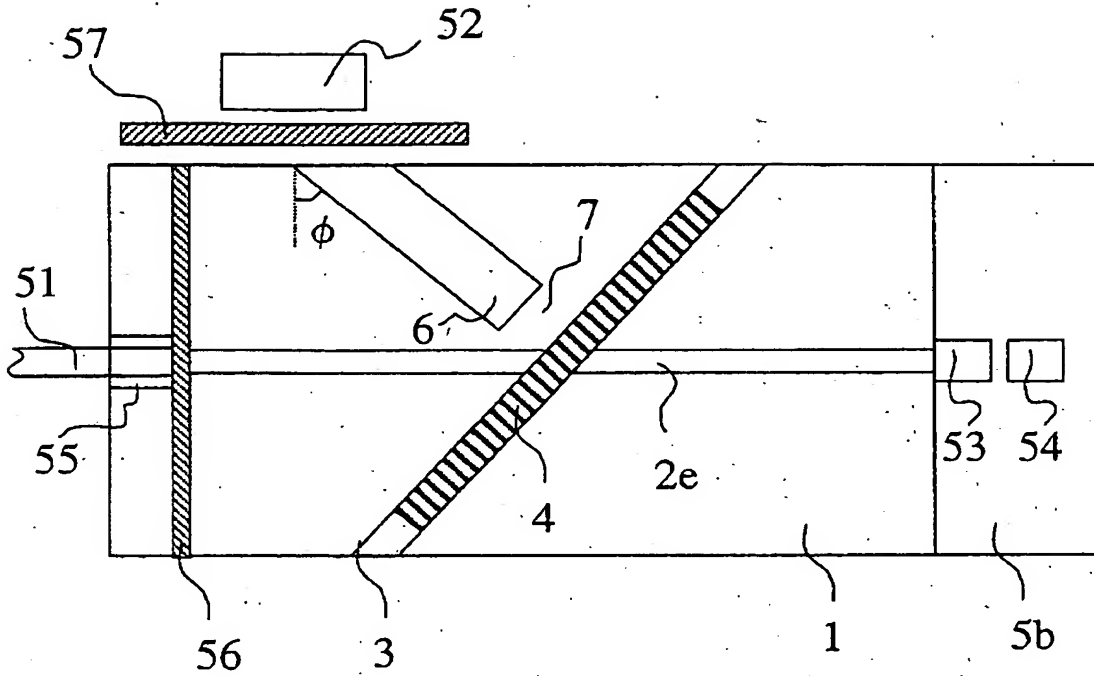


【図 5】



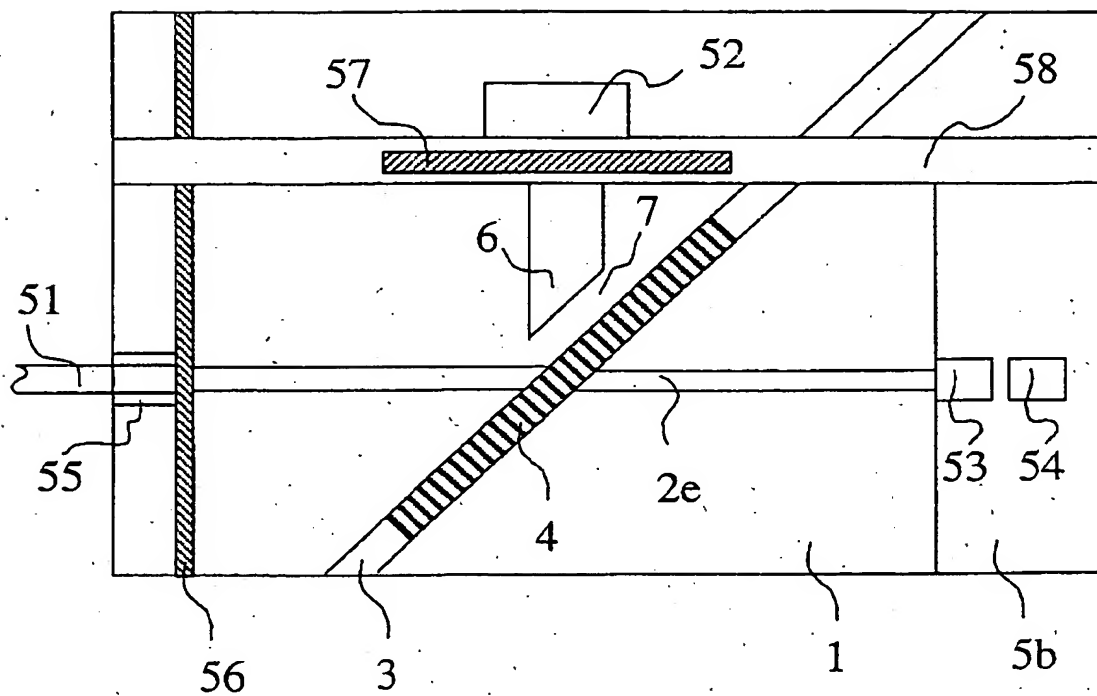
【図 6】

図 6



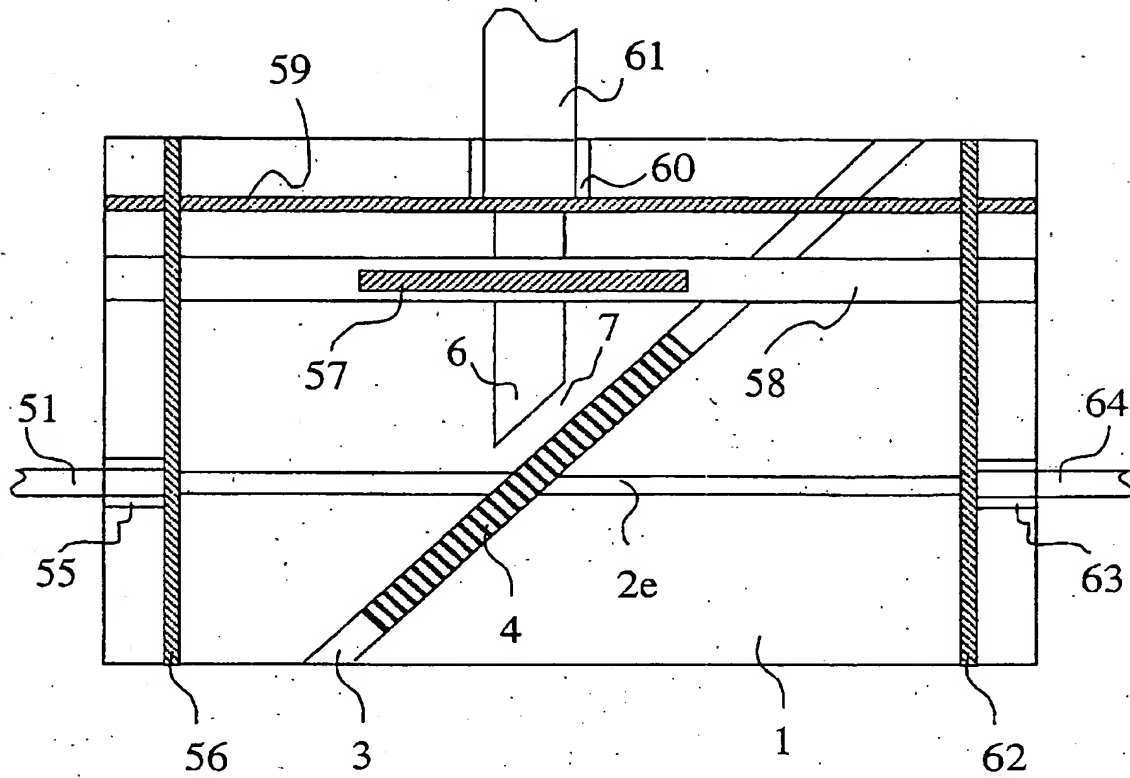
【図 7】

図 7



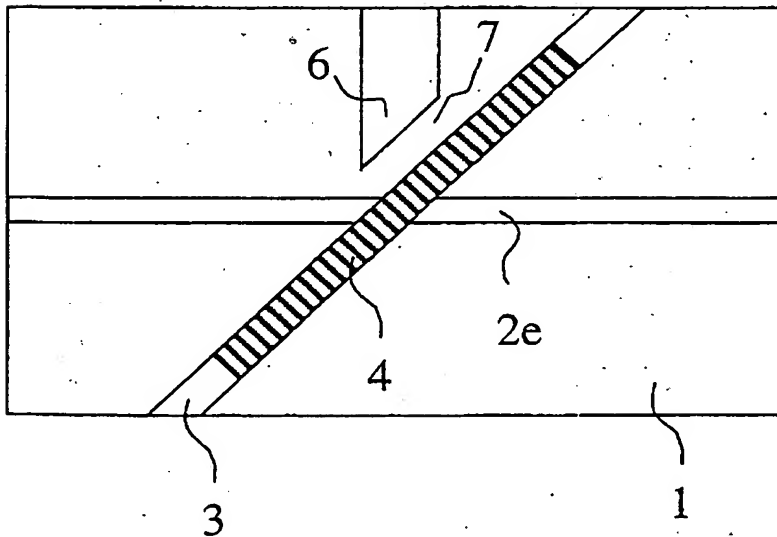
【図 8】

図 8



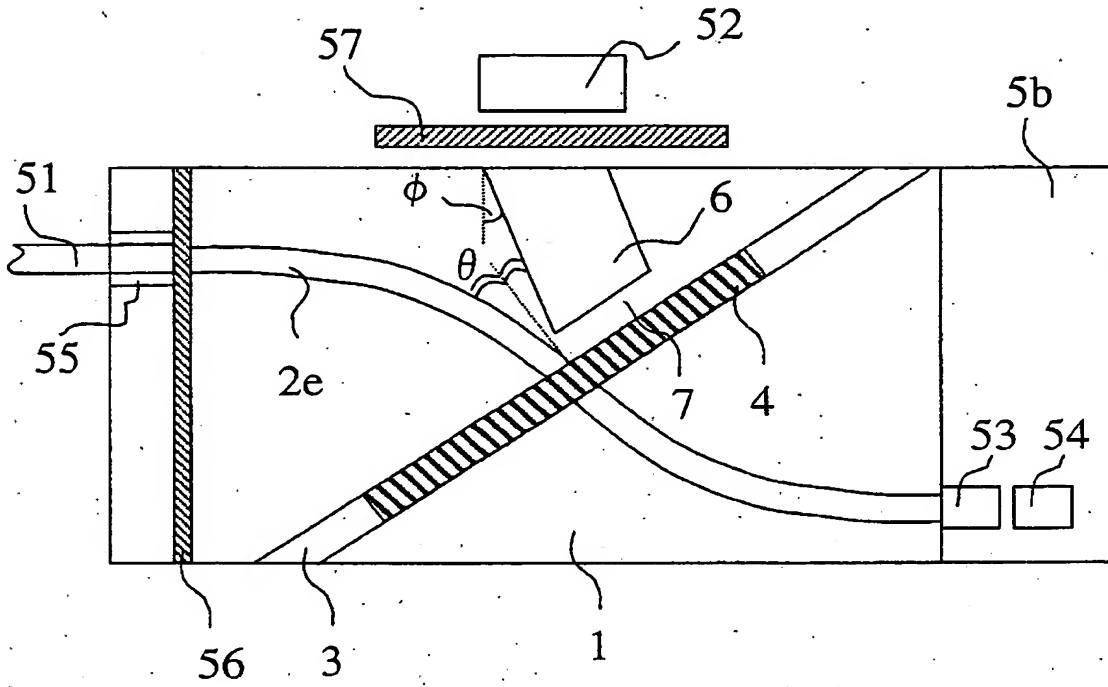
【図 9】

図 9



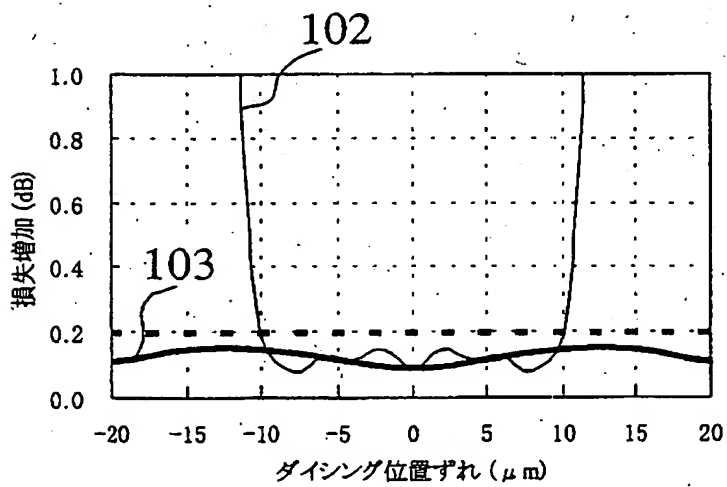
【図 10】

図 10

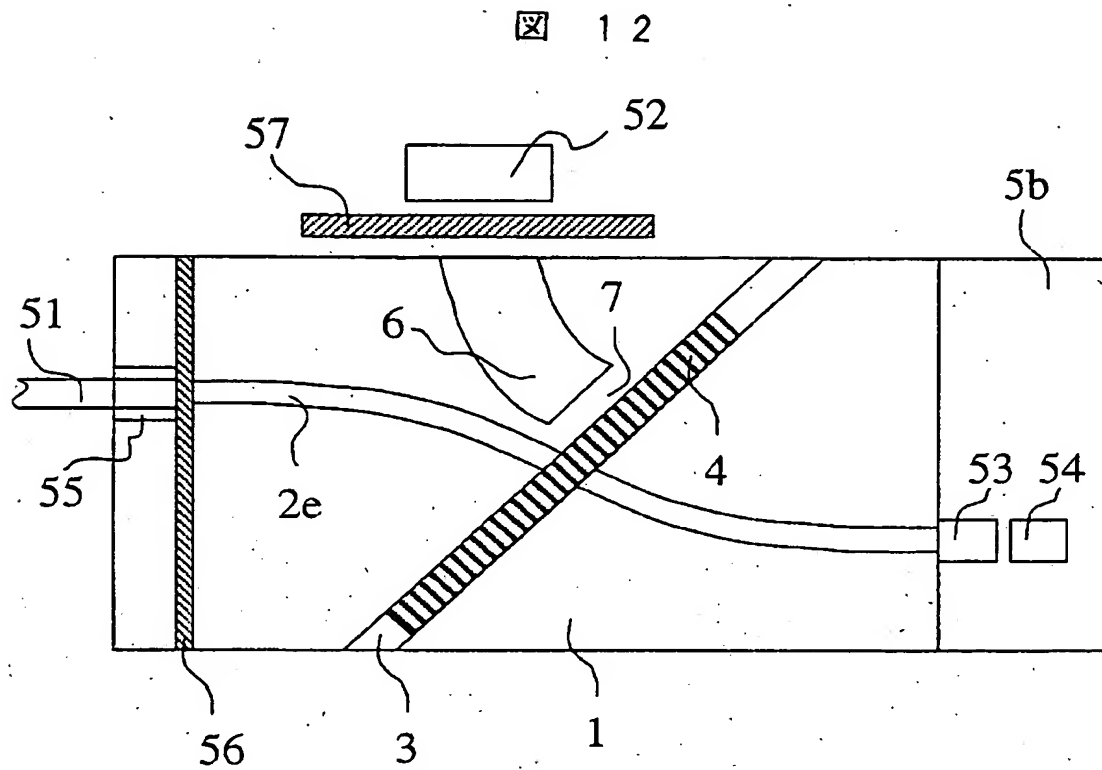


【図 11】

図 11

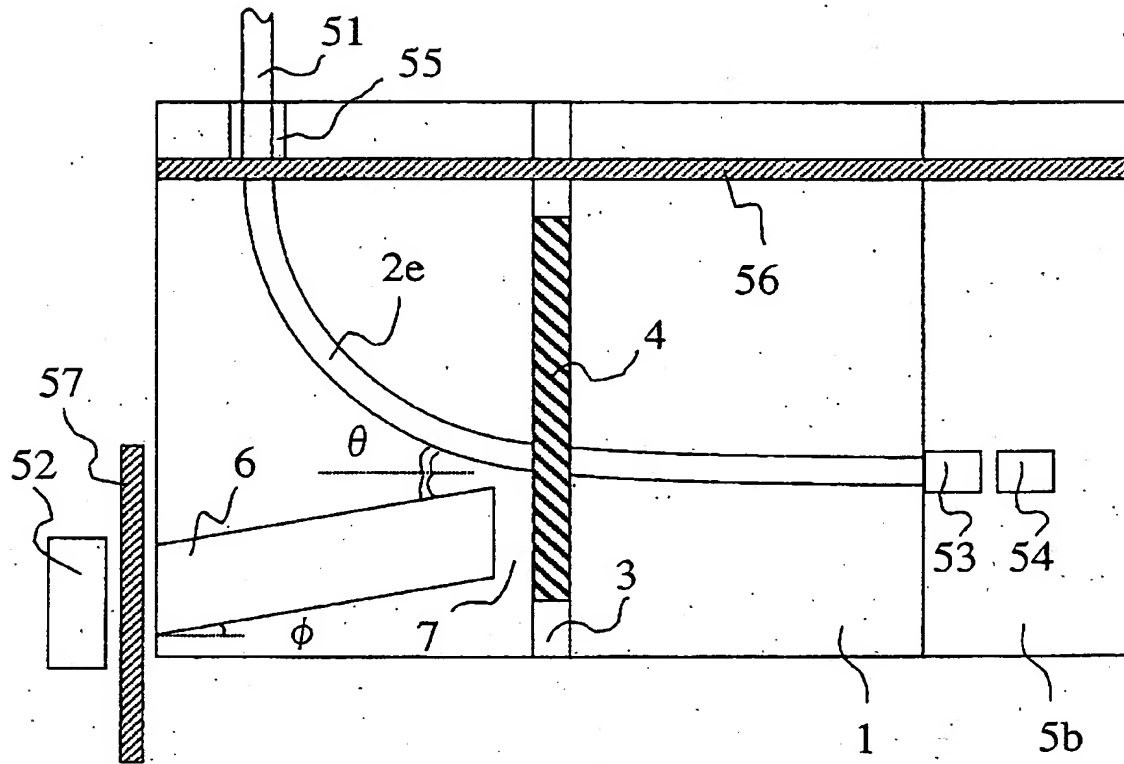


【図 12】



【図 13】

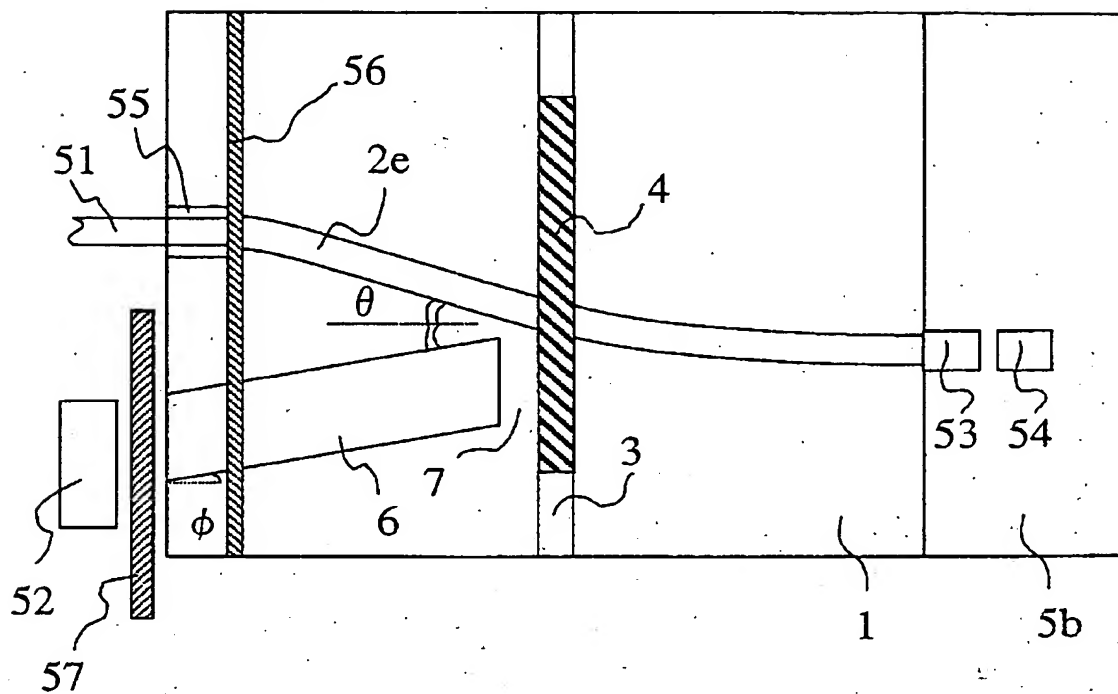
図 13





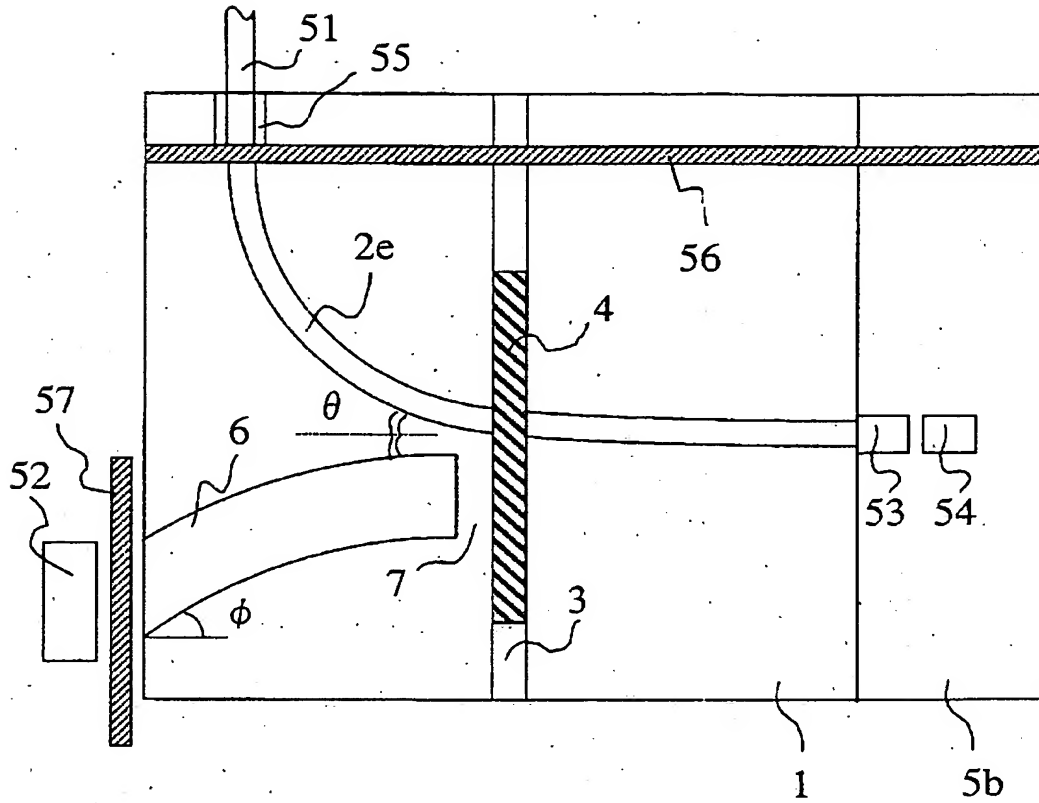
【図 14】

図 14



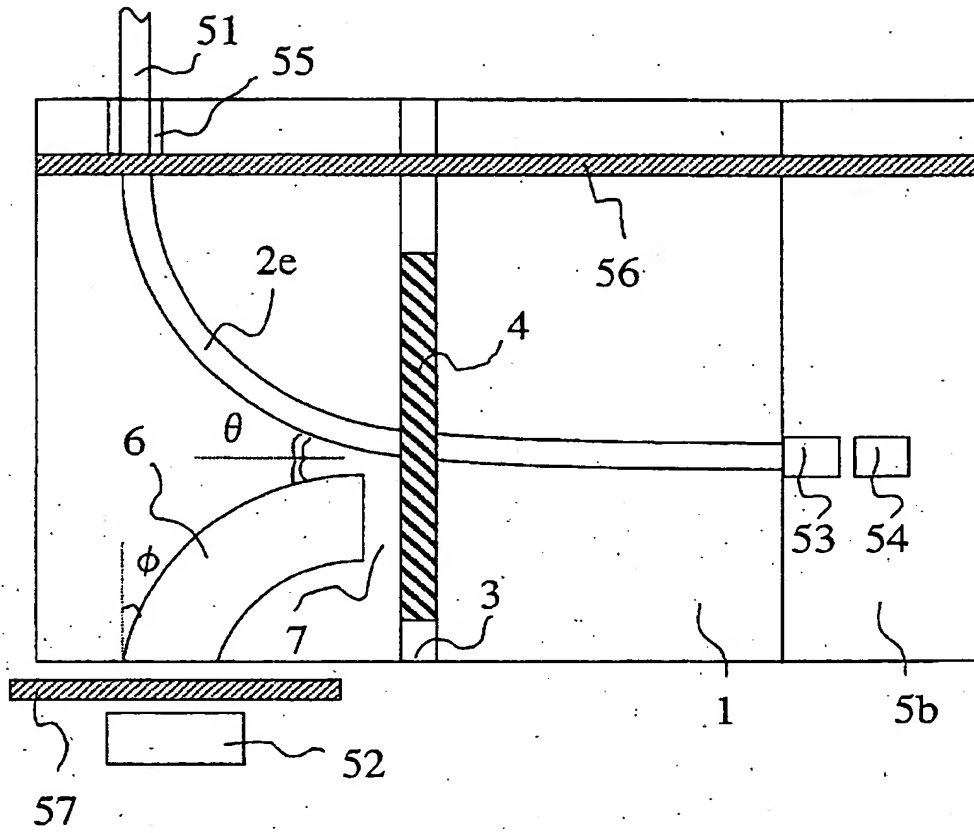
【図 15】

図 15



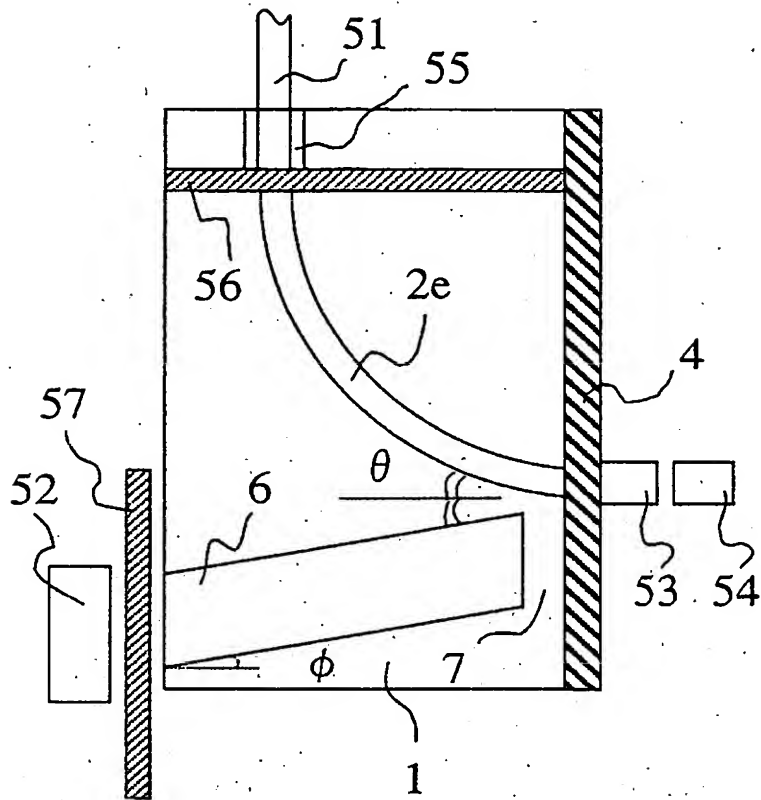
【図 16】

図 16



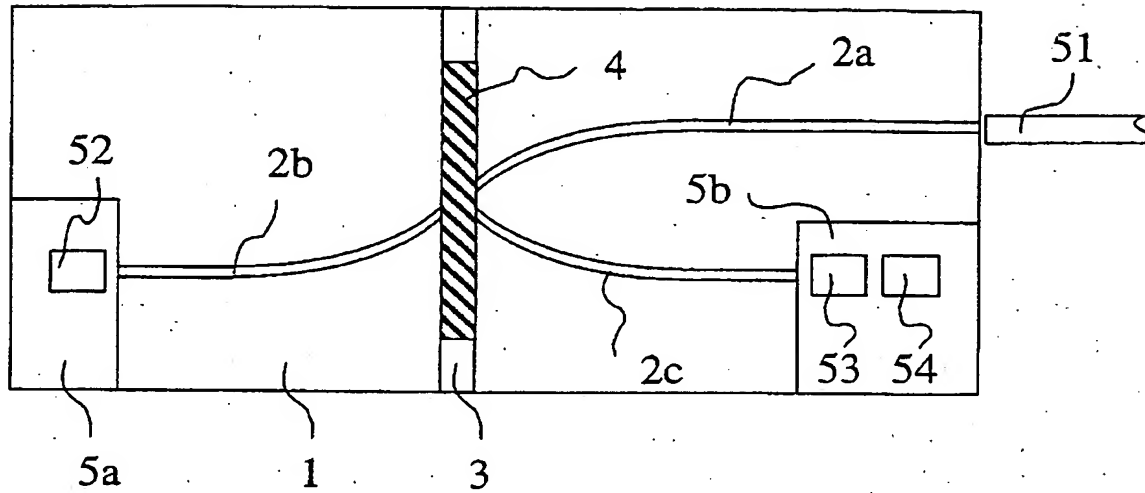
【図 17】

図 17



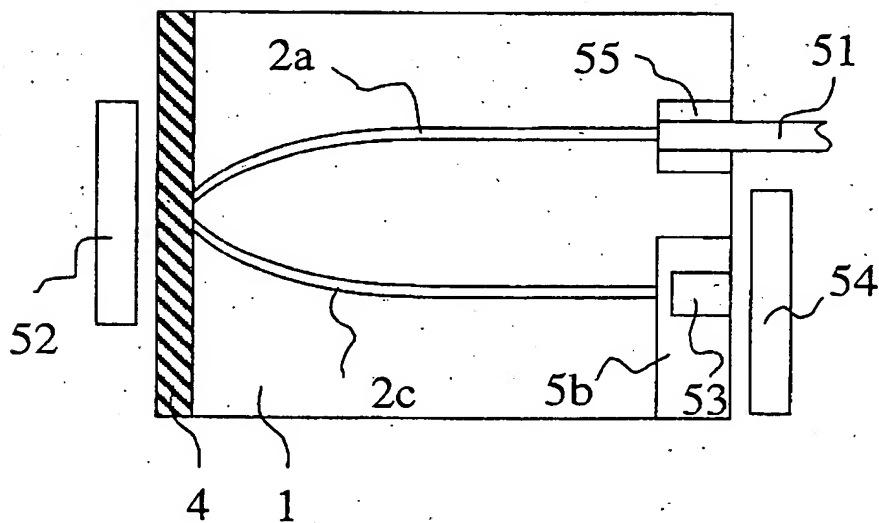
【図 18】

図 18



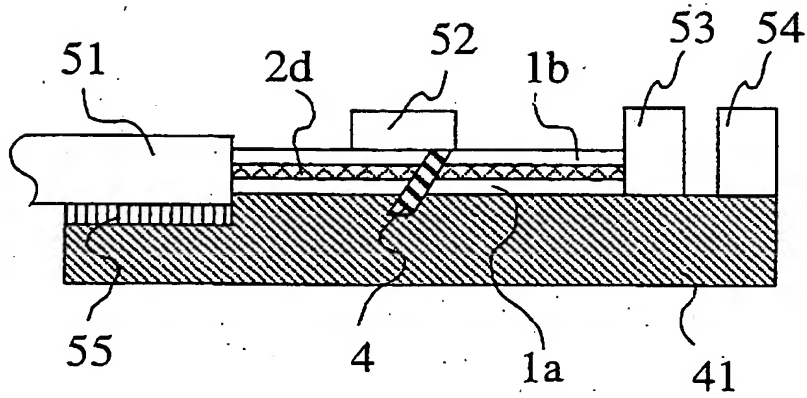
【図 19】

図 19



【図 2 0】

図 2 0



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ダイシング位置ずれによる過剰損失が少ない波長多重型光送受信モジュールを高歩留まりで作製する。

【解決手段】 波長選択フィルタからの反射光を導く側の導波路のコアを他の導波路のコアよりも実質的に大きくする。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地  
氏 名 株式会社日立製作所



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004455]

1. 変更年月日 1993年 7月27日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 東京都新宿区西新宿2丁目1番1号  
氏 名 日立化成工業株式会社